

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-338445

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

G02B 26/10

B81B 1/00

B81B 3/00

G02B 26/08

(21)Application number : 11-150590

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 28.05.1999

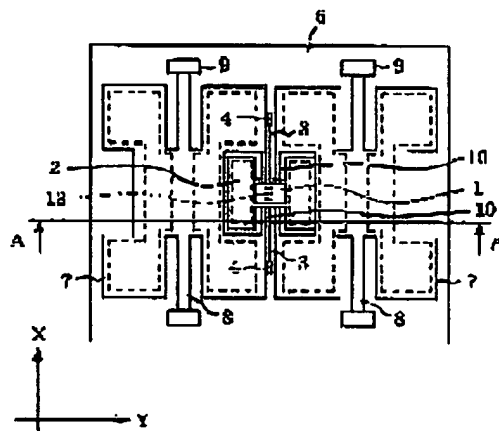
(72)Inventor : TSUGAI MASAHIRO  
KONNO NOBUAKI  
FUJITA HIROYUKI  
MITA MAKOTO  
TOSHIYOSHI HIROSHI  
MITA YOSHIRO

## (54) MICROMIRROR DEVICE: AND MANUFACTURE THEREOF

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To making the scanning angle of a mirror part large by low driving voltage by forming a driving frame by separating it from a mirror forming substrate having the mirror part and indirectly driving the mirror forming substrate through the driving frame without directly driving it.

**SOLUTION:** This device is equipped with the mirror forming substrate 2 obtained by forming the mirror part 1 and provided with a torsion beam on a line orthogonally crossed to two opposed sides, an anchor part 4 projectingly arranged on a supporting substrate 6 so as to fix the substrate 2 on the substrate 6 by supporting the end part of the beam 3, the driving frame 7 arranged so as to surround at least the outside circumference of one side of the beam 3 of the substrate 2 and provided with a link beam 10 whose one end is connected to the substrate 2 in parallel with the shaft direction of the beam 3 and a driving force generation means (driving electrode, piezoelectric body, permanent magnet and electromagnet) giving driving force to the frame 7.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-338445

(P2000-338445A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000.12.8)

(51) IntCl <sup>7</sup>	識別記号	P I	チーコード* (参考)
G 0 2 B 26/10	1 0 4	G 0 2 B 26/10	1 0 4 2 H 0 4 1
B 8 1 B 1/00		B 8 1 B 1/00	2 H 0 4 5
3/00		3/00	
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-150590

(22) 出願日 平成11年5月28日 (1999.5.28)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 番 政広

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 紺野 伸順

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

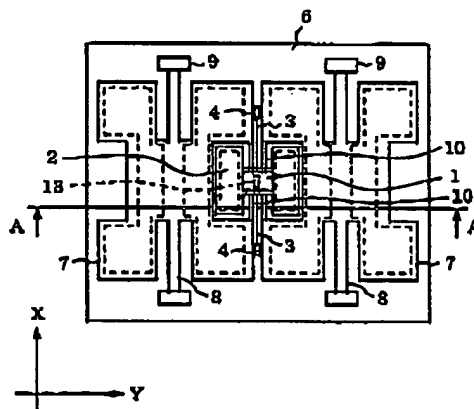
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロミラー装置およびその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 ミラー部101が形成されるミラー形成基板102のサイズと、ミラー形成基板102の下部に設けた駆動電極105との間の距離であるギャップg0とにより、安定して走査される走査角度とこの走査に要する駆動電圧などが決定されていたため、低駆動電圧で大きな走査角度を実現するマイクロミラー装置を設計することが困難であるという課題があった。

【解決手段】 ミラー部1が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁3を有するミラー形成基板2と、支持基板6上に突出して設けられ、ねじれ梁3の端部を支持してミラー形成基板2を支持基板6上に固定するアンカー部4と、少なくともミラー形成基板2のねじれ梁3の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁3の軸方向と平行に一端をミラー形成基板2に接続したリンク梁10を有する駆動フレーム7と、この駆動フレーム7に駆動力を与える駆動力発生手段12、14、14 A、14 Bとを備えた。



- 1: ミラー部
- 2: ミラー形成基板
- 3: ねじれ梁
- 4: アンカー部
- 6: 支持基板
- 7: 駆動フレーム
- 8: ねじれ梁 (第1の駆動フレーム側ねじれ梁)
- 9: アンカー部 (第1の駆動フレーム側アンカー部)
- 10: リンク梁

(2)

特開2000-338445

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、支持基板上に突出して設けられ、上記ねじれ梁の端部を支持して上記ミラー形成基板を上記支持基板上に固定するアンカー部と、

少なくとも上記ミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、上記ねじれ梁の軸方向と平行に一端を上記ミラー形成基板に接続したリンク梁を有する駆動フレームと、

この駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えたマイクロミラー装置。

【請求項2】 ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、少なくとも上記ミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、上記ねじれ梁の両端部を支持する駆動フレームと、

この駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えたマイクロミラー装置。

【請求項3】 駆動フレームは、対向する2辺と直交する線上に設けた第1の駆動フレーム側ねじれ梁と、

支持基板上に突出して設けられ、上記第1の駆動フレーム側ねじれ梁の端部を支持してミラー形成基板を上記支持基板上に固定する第1の駆動フレーム側アンカー部とを備えたことを特徴とする請求項1または請求項2記載のマイクロミラー装置。

【請求項4】 駆動フレームは、支持基板上に突出して設けられ、上記駆動フレームの1辺と接続して上記駆動フレームを上記支持基板上に固定する第2の駆動フレーム側アンカー部を備えたことを特徴とする請求項1または請求項2記載のマイクロミラー装置。

【請求項5】 ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、少なくとも上記ミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、上記ねじれ梁の軸方向と平行に一端を上記ミラー形成基板に接続したリンク梁を有する第1の駆動フレームと、

この第1の駆動フレームの上記リンク梁と対向する辺の中央直交線上に設けた第2の駆動フレーム側ねじれ梁と、

少なくとも上記第1の駆動フレームの上記第2の駆動フレーム側ねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、上記第2の駆動フレーム側ねじれ梁の軸方向と平行に一端を上記第1の駆動フレームに接続した駆動フレーム間リンク梁を有する第2の駆動フレームと、

上記第1の駆動フレームおよび第2の駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えたマイクロミラー装置。

2

【請求項6】 リンク梁は、

一端をねじれ梁の基部の極近傍に接続したことを特徴とする請求項1または請求項5記載のマイクロミラー装置。

【請求項7】 駆動フレーム間リンク梁は、一端を第2の駆動フレーム側ねじれ梁の基部の極近傍に接続したことを特徴とする請求項5記載のマイクロミラー装置。

【請求項8】 ミラー形成基板は、

10 ねじれ梁を対称軸とする非対称な平面構造を有することを特徴とする請求項4記載のマイクロミラー装置。

【請求項9】 駆動力発生手段は、駆動フレーム下側の支持基板上に設けた駆動電極であって、上記駆動フレームと上記駆動電極との少なくとも一方に駆動電圧を印加することで発生する静電引力によって上記駆動フレームを駆動させることを特徴とする請求項1から請求項8のうちのいずれか1項記載のマイクロミラー装置。

【請求項10】 駆動力発生手段は、

20 駆動フレーム上側に形成した圧電体であって、該圧電体の表裏面に交流電位差を与えることで発生する上記圧電体の曲げ振動によって駆動フレームを駆動させることを特徴とする請求項1から請求項9のうちのいずれか1項記載のマイクロミラー装置。

【請求項11】 駆動力発生手段は、永久磁石と電磁石とからなる磁石対であって、該磁石対が発生する磁力によって駆動フレームを駆動させることを特徴とする請求項1から請求項10のうちのいずれか1項記載のマイクロミラー装置。

30 【請求項12】 ミラー形成基板下側の支持基板面にミラー形成基板接触防止用凹部を備えた請求項1から請求項11のうちのいずれか1項記載のマイクロミラー装置。

【請求項13】 ミラー形成基板の厚みを駆動フレームの厚みに比べて十分に薄くしたことを特徴とする請求項1から請求項12のうちのいずれか1項記載のマイクロミラー装置。

【請求項14】 エッチングマスク形成-エッチング操作により、各構成部を形成するマイクロミラー装置の製造方法において、

40 マイクロミラー装置の上記各構成部に対応するパターンを形成したエッチングマスクを、予め材料基板の片面または両面に複数積層し、

上記エッチングマスクを積層した材料基板に、装置の上記エッチングマスクから順次異方性エッチングとエッチングマスク除去を交互に行い、上記マイクロミラー装置の各構成部を形成することを特徴とするマイクロミラー装置の製造方法。

【請求項15】 材料基板にSOI基板を用い、マイクロミラー装置の各構成部に対応するパターンを形成したエッチングマスクを、予め上記SOI基板の片面に複数

50

(3)

特開2000-338445

3

4

積層し、

上記エッチングマスクを積層したS.O.I基板に、表層の上記エッチングマスクから順次異方性エッチングとエッチングマスク除去を交互に行い、上記マイクロミラー装置の各構成部を形成することを特徴とする請求項14記載のマイクロミラー装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば光走査式の形状認識センサ、バーコードリーダ、レーザプリンタ用のスキャニングミラーなどにおいて光ビームを走査させるときに使用されるマイクロミラー装置およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図17は従来のマイクロミラー装置の構成例を示す上面図であり、図18は、図17のマイクロミラー装置のA-A線に沿った断面図である。図において、101はミラー形成基板102の一面に形成されたミラー部であり、アルミニウム薄膜や金薄膜などが利用される。102は中央を軸として回転するミラー形成基板、103はミラー形成基板102に中央延長上に形成されたねじれ梁、104はねじれ梁103を支持して支持基板106に固定されたアンカー部で、105はミラー\*

$$\sin(\theta_{\max}) = g_0 / L$$

ただし、Lは、図18に示すようにミラー形成基板102の中央部から端部までの距離である。例えば、Lが1mmであるときに、最大走査角度 $\theta_{\max}$ を15度とすると、上記(1)式からギャップ $g_0$ は259 $\mu\text{m}$ と計算される。

【0005】しかしながら、実際の静電引力を利用したミラー部101の回転において静電引力とギャップ $g_0$ とは非線形な関係を有するので、ミラー部101はギャップ $g_0$ の距離をフルスパンさせることができない。具体的に説明すると静電引力はギャップ $g_0$ の二乗に反比例するので、ミラー形成基板102の傾き角度が大きくなってミラー形成基板102と駆動電極105との間の距離であるギャップ $g_0$ が小さくなり、かつ、ねじれ梁103のねじれ角度が大きくなると、ミラー形成基板102と駆動電極105との間の静電引力がねじれ梁103の復元力を上回り、ミラー形成基板102が駆動電極105に張り付いてしまう（これをプルイン現象という）。これにより、ミラー部101によって安定して走査される光ビームの走査角度 $\theta_s$ は、一般的に最大走査角度 $\theta_{\max}$ の約2分の1以下の範囲で制御されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来のマイクロミラー装置は以上のように構成されているので、プルイン現象に起因して最大走査角度 $\theta_{\max}$ を大きくすることが困難であるなどの課題があった。

\*ミラー形成基板102からギャップ $g_0$ の距離に形成されてミラー形成基板102を静電引力で駆動する際に電圧が印加される2つの駆動電極であり、106は支持基板である。なお、ミラー形成基板102、ねじれ梁103及びアンカー部104は、例えばそれぞれ単結晶シリコン、ポリシリコン、鍍金ニッケルなどで形成され、支持基板106はシリコンやガラスなどで形成される。

【0003】次に動作について説明する。駆動電極105のうちの一方に電圧を印加すると、ミラー形成基板102と駆動電極105との間の電位差および静電容量に応じた静電引力が発生し、ミラー形成基板102が中央部を軸として回転し、ミラー部101は角度（走査角度） $\theta_s$ だけ傾く。例えば、2つの駆動電極105に図19に示すようなバイアス直流電圧 $V_{dc}$ を印加し、さらに交流電圧 $V_{ac}$ を駆動電極105に各々位相が180度異なるように印加することによりミラー部101を回転振動させることができる。このようにして、印加電圧に基づいてミラー部101の角度が制御され、光ビームが走査される。

【0004】このマイクロミラー装置では、理論的には式(1)に示す最大走査角度 $\theta_{\max}$ まで走査角度 $\theta_s$ を変化させることができる。

・・・(1)

【0007】また、ねじれ振動における諸特性（ねじれ梁の剛性や振動特性Q値など）を一定にした場合、ミラー部101が形成されるミラー形成基板102のサイズと、ミラー形成基板102の下部に設けた駆動電極105との間の距離であるギャップ $g_0$ とにより、安定して走査される走査角度とこの走査に要する駆動電圧などが決定されていたため、低駆動電圧で大きな走査角度を実現するマイクロミラー装置を設計することが困難であるという課題があった。

【0008】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、ミラー部を有するミラー形成基板と分離して駆動フレームを形成し、ミラー形成基板を直接駆動せず駆動フレームを介してミラー形成基板を間接的に駆動させることで、低駆動電圧でミラー部の走査角度を大きくすることができるマイクロミラー装置およびその製造方法を得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係るマイクロミラー装置は、ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、支持基板上に突出して設けられ、ねじれ梁の端部を支持してミラー形成基板を支持基板上に固定するアンカー部と、少なくともミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁の軸方向と平行に一端をミラー形成基板に接続したリンク梁を有する駆動フレームと、この駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段

50

(4)

特開2000-338445

5

6

とを備えるものである。

【0010】この発明に係るマイクロミラー装置は、ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、少なくともミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁の両端部を支持する駆動フレームと、この駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えるものである。

【0011】この発明に係るマイクロミラー装置は、駆動フレームは対向する2辺と直交する線上に設けた第1の駆動フレーム側ねじれ梁と、支持基板上に突出して設けられ、第1の駆動フレーム側ねじれ梁の端部を支持してミラー形成基板を支持基板上に固定する第1の駆動フレーム側アンカー部とを備えるものである。

【0012】この発明に係るマイクロミラー装置は、駆動フレームは支持基板上に突出して設けられ、駆動フレームの1辺と接続して駆動フレームを支持基板上に固定する第2の駆動フレーム側アンカー部を備えるものである。

【0013】この発明に係るマイクロミラー装置は、ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、少なくともミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁の軸方向と平行に一端をミラー形成基板に接続したリンク梁を有する第1の駆動フレームと、この第1の駆動フレームのリンク梁と対向する辺の中央直交線上に設けた第2の駆動フレーム側ねじれ梁と、少なくとも第1の駆動フレームの第2の駆動フレーム側ねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、第2の駆動フレーム側ねじれ梁の軸方向と平行に一端を第1の駆動フレームに接続した駆動フレーム間リンク梁を有する第2の駆動フレームと、第1の駆動フレームおよび第2の駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えるものである。

【0014】この発明に係るマイクロミラー装置は、リンク梁は一端をねじれ梁の基部の極近傍に接続するものである。

【0015】この発明に係るマイクロミラー装置は、駆動フレーム間リンク梁は、一端を第2の駆動フレーム側ねじれ梁の基部の極近傍に接続するものである。

【0016】この発明に係るマイクロミラー装置は、ミラー形成基板はねじれ梁を対称軸とする非対称な平面構造を有するものである。

【0017】この発明に係るマイクロミラー装置は、駆動力発生手段は駆動フレーム下側の支持基板上に設けた駆動電極であって、駆動フレームと駆動電極との少なくとも一方に駆動電圧を印加することによって発生する静電引力によって駆動フレームを駆動させるものである。

【0018】この発明に係るマイクロミラー装置は、駆動力発生手段は駆動フレーム上側に形成した圧電体であって、該圧電体の表面面に交流電位差を与えることで発

生する圧電体の曲げ振動によって駆動フレームを駆動させるものである。

【0019】この発明に係るマイクロミラー装置は、駆動力発生手段は永久磁石と電磁石とからなる磁石対であって、該磁石対が発生する磁力によって駆動フレームを駆動させるものである。

【0020】この発明に係るマイクロミラー装置は、ミラー形成基板下側の支持基板面にミラー形成基板接触防止用凹部を備えるものである。

【0021】この発明に係るマイクロミラー装置は、ミラー形成基板の厚みを駆動フレームの厚みに比べて十分に薄くするものである。

【0022】この発明に係るマイクロミラー装置の製造方法は、マイクロミラー装置の各構成部に対応するパターンを形成したエッチングマスクを、予め材料基板の片面または両面に複数積層し、エッチングマスクを積層した材料基板に、表層のエッチングマスクから順次異方性エッチングとエッチングマスク除去を交互に行い、マイクロミラー装置の各構成部を形成するものである。

【0023】この発明に係るマイクロミラー装置の製造方法は、材料基板にSOI基板を用い、マイクロミラー装置の各構成部に対応するパターンを形成したエッチングマスクを、予めSOI基板の片面に複数積層し、エッチングマスクを積層したSOI基板に、表層のエッチングマスクから順次異方性エッチングとエッチングマスク除去を交互に行い、マイクロミラー装置の各構成部を形成するものである。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1によるマイクロミラー装置の構成を示す上面図であり、図2は図1のA-A線に沿った断面図である。図において、1はミラー形成基板2上にアルミニウム、金などの金属材料の薄膜を鍍面になるように形成したミラー部、2はミラー形成基板であり、対向する2辺と直交する線上(図1中のX軸方向)にねじれ梁3が設けられ、このねじれ梁3の両端部がそれぞれアンカー部4に接続され、ミラー形成基板2を支持基板6の面外方向(図2中のZ軸方向)に回転可能に支持している。6はこの発明によるマイクロミラー装置の各構成要素を支持する支持基板で、パイレックスガラスなどから形成される。

【0025】7はリンク梁10を介してミラー形成基板2と接続した駆動フレームである。この駆動フレーム7は対向する2辺と直交する線上に設けたねじれ梁8の端部を支持するアンカー部(第1の駆動フレーム側アンカー部)9を介して支持基板6上に固定され、図示の例では図2中のY軸方向にミラー形成基板2を挟んで2個設置されている。8は駆動フレーム7の対向する2辺と直交する線上に設けたねじれ梁(第1の駆動フレーム側ね

50

(5)

特開2000-338445

7

ねじれ梁)であり、このねじれ梁8を軸として駆動フレーム7は支持基板6上に支持基板面の面外方向(図2中のZ軸方向)に回転可能である。11は駆動フレーム7に設けられ、ミラー形成基板2に形成されたねじれ梁3の軸方向と平行に、ねじれ梁3の基部の極近傍に一端が接続されたリンク梁である。

【0026】11はミラー形成基板2下側の支持基板6上に設けた検出電極であり、ミラー形成基板2との間の静電容量を検出してミラー部1の光ビーム走査角度 $\theta_s$ をモニターする。12は駆動フレーム7を駆動させる駆動電極(駆動力発生手段)であり、駆動電圧を印加することによって生じる静電引力によって駆動フレーム7を駆動する。図示の例ではこの駆動電極12が各駆動フレーム7の下側に2個(計4個)設けられている。13はミラー形成基板2が面外方向(図2中のZ軸方向)に過度の変位するのを防止するためのストッパである。

【0027】次に動作について説明する。ミラー形成基板2を挟んで左右に設置された駆動フレーム7下側の駆動電極12に図19に示したバイアス直流電圧 $V_{dc}$ を各々印加し、さらに交流電圧 $V_{ac}$ を印加する。この時、左右の駆動フレーム7の各々に対応する2個の駆動電極12に印加する交流電圧 $V_{ac}$ がそれぞれ逆相になるようすると、駆動電極12との間に発生する静電引力によって、駆動フレーム7はねじれ梁8を軸として支持基板6の面外方向(図2中のZ軸方向)に回転してねじれ振動を行う。さらに、ミラー形成基板2を挟んだ左右の駆動フレーム7の各々に対応する駆動電極12に印加する交流電圧 $V_{ac}$ の位相を逆に設定することで、上記2個の駆動フレーム7は左右が逆方向に回転するねじれ振動を行う。

【0028】この駆動フレーム7のねじれ振動による駆動力は、リンク梁10を介して間接的にミラー形成基板2に伝達されてミラー形成基板2がねじれ振動する。この時、リンク梁10はねじれ梁3の基部の極近傍に接続されており、また、このリンク梁10のミラー形成基板2との接続点と駆動フレーム7のねじれ梁8とが十分に離れているので、リンク梁10の面外方向(図2中、Z軸方向)の変位を小さくしても、ミラー形成基板2の面外方向の変位を大きくすることができる。つまり、駆動フレーム7を面外方向(図2中、Z軸方向)に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板2を面外方向に大きく変位させることができる。このため、ミラー部1の光ビームの最大走査角度 $\theta_{smax}$ を大きくすることができる。マイクロミラー装置を低駆動電圧で実現することができる。

【0029】図3はこの発明の実施の形態1によるマイクロミラー装置の他の例を示す図であり、図1のA-A線と同一の位置に沿った断面図である。図において、15はミラー形成基板2下側の支持基板6上に設けた溝(ミラー形成基板接触防止用凹部)である。なお、図1

8

と同一構成要素のものは、同一符号を付し重複した説明を省略する。

【0030】上述したマイクロミラー装置は駆動フレーム7と駆動電極12との間に発生する静電引力によって駆動フレーム7を駆動させるので、駆動フレーム7と駆動電極12との間の距離を小さくすることで駆動電極12に印加する駆動電圧を小さくすることができる。図3に示したマイクロミラー装置における上記駆動フレーム7と駆動電極12との間の距離であるギャップ $g_2$ は、図2に示したギャップ $g_1$ と $g_1 > g_2$ の関係にある。但し、この際、支持基板6上に図3のように溝15を設けて、ミラー形成基板2の面外方向(図3、Z軸方向)の回転によって、その縁が支持基板6に接触しないようにしている。また、光ビームの走査角度 $\theta_s$ を検出する検出電極11はミラー形成基板2のZ軸方向の変位が小さいねじれ梁3の下側の支持基板6上に配置する。こうすることによって、駆動フレーム7と駆動電極12との間の距離であるギャップを小さくしても、ミラー形成基板2を安定して動作させることができ、ひいては駆動電圧を低電圧化することができる。

【0031】以上のように、この実施の形態1によれば、ミラー部1が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁3を有するミラー形成基板2と、支持基板6上に突出して設けられ、上記ねじれ梁3の端部を支持してミラー形成基板2を支持基板6上に固定するアンカー部4と、少なくともミラー形成基板2のねじれ梁3の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁3の軸方向と平行に一端をミラー形成基板2のねじれ梁3の基部の極近傍に接続したリンク梁10を有する駆動フレーム7と、駆動フレーム7に駆動力を与える駆動力発生手段である駆動電極12を備えたので、駆動フレーム7を面外方向(図2中、Z軸方向)に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板2を面外方向に大きく変位させることができ、ミラー部1の光ビーム走査角度 $\theta_s$ を大きくすることができる。このため、従来と比較してミラー形成基板2を駆動させる駆動電圧を低減することができる効果が得られる。

【0032】また、ミラー形成基板2下側の支持基板6上にミラー形成基板接触防止用凹部である溝15を設けたので、駆動フレーム7と駆動電極12との間の距離であるギャップを小さくしてもミラー形成基板2を安定して動作させることができ、ひいては駆動電圧を低電圧化することができる効果が得られる。

【0033】なお、上記実施の形態1では駆動フレーム7をミラー形成基板2の左右両側に2個設けたが、ミラー形成基板2の片側に1個設けてミラー形成基板2をねじれ振動させてもよい。

【0034】また、上記実施の形態1ではリンク梁10をねじれ梁3の基部の極近傍に接続したが、接続点はこれに限らない。これは、リンク梁10をねじれ梁3の基

50

(6)

特開2000-338445

9

部の極近傍でなく多少離れた側面上の点に接続しても、駆動フレーム7をミラー形成基板2に対して相対的に大きいサイズに形成してリンク梁10のミラー形成基板2との接点と、ねじれ梁8との距離を大きくすれば同様に駆動フレーム7を面外方向（図2中、Z軸方向）に微小に変位させるだけでもミラー形成基板2を面外方向に大きく変位させることができるからである。

【0035】実施の形態2. この実施の形態2は上記実施の形態1と同様にリンク梁によって駆動フレームの駆動力を間接的に伝達する点は共通するが、ミラー形成基板の左右両側に設けた駆動フレームを片持ち梁構造として、その梁部分の曲げ振動による駆動力でミラー形成基板を駆動させるものである。

【0036】図4はこの発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置を示す上面図であり、図5は図4のB-B線に沿った断面図である。図において、7Aはアンカー部9Aを介して支持基板6上に固定される駆動フレーム、8Aは駆動フレーム7Aの1辺と接続して支持基板6上に固定するアンカー部（第2の駆動フレーム側アンカー部）である。図のように駆動フレーム7Aはアンカー部9Aによって支持基板6上に固定された片持ち梁構造を有する。12は駆動フレーム7Aを駆動させる駆動電圧が印加される駆動電極（駆動力発生手段）であり、ミラー形成基板2を介して左右に1個ずつ設けられている。なお、他の構成要素については図1、2と同一であり、同一符号を付して重複した説明を省略する。

【0037】次に動作について説明する。駆動フレーム7Aとこの駆動フレーム7A下側の支持基板6上に設けた駆動電極12とに、上記実施の形態1と同様にバイアス直流電圧Vdcを印加し、さらに、ミラー形成基板2を挟んで左右に配置した駆動フレーム7Aに対応する各駆動電極12に各々逆相の交流電圧Vacを印加する。これによって、駆動フレーム7Aと駆動電極12との間に静電引力が発生し、駆動フレーム7Aはその基部を軸として支持基板6上を面外方向（図5中、Z軸方向）に回転する曲げ振動を行う。

【0038】この駆動フレーム7Aの曲げ振動による駆動力がリンク梁10を介して間接的にミラー形成基板2に伝達され、ミラー形成基板2は支持基板6上の面外方向（図5中、Z軸方向）にねじれ梁3を軸として回転するねじれ振動が誘起される。この動作も上記実施の形態1と同様にリンク梁10はねじれ梁3の基部の極近傍に接続されており、また、リンク梁10のミラー形成基板2との接続点と駆動フレーム7Aの基部とが十分に離れているので、リンク梁10の面外方向（図5中、Z軸方向）の変位が小さくても、ミラー形成基板2の面外方向の変位を大きくすることができる。つまり、駆動フレーム7Aを面外方向（図5中、Z軸方向）に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板2を面外方向に大きく変位させることができる。このため、ミラー部1の光ビーム

10

の最大走査角度 $\theta_{\max}$ を大きくすることができるマイクロミラー装置を低駆動電圧で実現することができる。

【0039】図6はこの発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置において他の駆動力発生手段を使用した構成を示す上面図であり、図7は図6のC-C線に沿った断面図である。図において、11'は駆動フレーム7Aの変位からミラー形成基板2の走査角度をモニターする検出電極で、駆動フレーム7Aの直下の支持基板6上に形成される。この検出電極11'はミラー形成基板2がねじれ回転を行うためにミラー形成基板2の走査角度が大きくなるにつれてミラー形成基板2とその直下に形成した検出電極11との間の静電容量変化が電極間ギャップの逆数に比例する関係が崩れてくることから、ギャップ変化の少ない駆動フレーム7Aの直下に設けている。14は駆動フレーム7A上に設けた圧電体（駆動力発生手段）であり、一般的なバルク圧電体または薄膜圧電体から形成される。なお、図4、5と同一の構成要素については同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0040】次に動作について説明する。駆動フレーム7A上に設けた圧電体14の表面（図7中で、圧電体14のZ軸方向における上下面）に交流電位差を与えると、圧電体14の表面が伸長すると裏面は収縮する、若しくは圧電体14の表面が収縮すると裏面は伸長するというように圧電体14自体が支持基板6上の面外方向（図7中、Z軸方向）に曲げ振動を行い、この曲げ振動による駆動力が駆動フレーム7Aに直接伝達され、駆動フレーム7Aに曲げ振動が誘起される。この駆動フレーム7Aの曲げ振動による駆動力がリンク梁10を介して間接的にミラー形成基板2に伝達され、ミラー形成基板2は支持基板6上の面外方向（図7中、Z軸方向）にねじれ梁3を軸として回転するねじれ振動が誘起される。この後の動作は上記したものと同様であるので説明を省略する。

【0041】図8はこの発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置において他の駆動力発生手段を使用した構成を示す上面図であり、図9は図8のD-D線に沿った断面図である。図において、11'は駆動フレーム7Aの変位からミラー形成基板2の走査角度をモニターする検出電極で、駆動フレーム7Aの直下の支持基板6上に形成される。この検出電極11'はミラー形成基板2がねじれ回転を行うためにミラー形成基板2の走査角度が大きくなるにつれてミラー形成基板2とその直下に形成した検出電極11との間の静電容量変化が電極間ギャップの逆数に比例する関係が崩れてくることから、ギャップ変化の少ない駆動フレーム7Aの直下に設けている。14Aは駆動フレーム7A上に設けた永久磁石（駆動力発生手段）であり、一般的なバルク磁性体または薄膜磁性体から形成される。図示の例では、ミラー形成基板2を挟んだ左右の駆動フレーム7Aにおける各永久

(7)

特開2000-338445

11

磁石14Aを図9のZ軸方向に各磁極方向が逆になるように設置する。21は電磁コイル、22はこの電磁コイル21を支持するコイル支持基板であり、マイクロミラー装置を取り囲むように設けられている。これら電磁コイル21およびコイル支持基板22から電磁石(駆動力発生手段)14Bが構成される。なお、図4、6と同一の構成要素については同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0042】次に動作について説明する。マイクロミラー装置を取り囲む電磁石14Bに交流電流を流すと、駆動フレーム7A上の永久磁石14Aに図9中のZ軸方向の磁力がかかり、駆動フレーム7Aの基部を軸として回転する曲げ振動が誘起される。この時、上記左右の駆動フレーム7A上には磁極の方向が逆になるように永久磁石14Aが設置されているので、各々の回転方向は逆になり、逆方向の曲げ振動を行う。この駆動フレーム7Aの曲げ振動による駆動力がリンク梁10を介して間接的にミラー形成基板2に伝達され、ミラー形成基板2は支持基板6上の面外方向(図9中、Z軸方向)にねじれ梁3を軸として回転するねじれ振動が誘起される。この後の動作は上記したものと同様であるので説明を省略する。

【0043】また、上記では駆動フレーム7A側に永久磁石14Aを設置し、マイクロミラー装置を取り囲むように設置した電磁石14Bによって駆動フレーム7Aを駆動させた例を示したが、平面電磁石を駆動フレーム7A上に設置し、永久磁石をその上下に配置する構成にしてもよい。

【0044】さらに、上記実施の形態では、駆動フレーム7Aの駆動方式として、駆動電極12による静電引力を利用するもの、圧電体14によるもの、永久磁石と電磁石とから構成される磁石対による磁力を利用するものについて示したが、これらの駆動方式を組み合わせることで駆動力を得るようにしてもよい。さらに、上記実施の形態では、ミラーの走査角度のモニター手段として駆動フレーム7Aの根元の周辺にヒエゾ抵抗体を設け、駆動フレーム7Aの駆動による電気抵抗の変化からその変位を検出し、これよりミラーの走査角度をモニターしてもよい。

【0045】以上のように、この実施の形態2によれば、ミラー部1が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁3を有するミラー形成基板2と、支持基板6上に突出して設けられ、ねじれ梁3の端部を支持してミラー形成基板2を支持基板6上に固定するアンカー部4と、少なくともミラー形成基板2のねじれ梁3の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁3の軸方向と平行に一端をねじれ梁3の基部の極近傍に接続したリンク梁10を有する駆動フレーム7Aと、この駆動フレーム7Aの1辺と接続して支持基板6上に固定するアンカー部9Aと、駆動フレーム7Aに駆動力を与える駆動電極1

12

2、圧電体14、および永久磁石と電磁石とから構成される磁石対などからなる駆動力発生手段とを備えたので、駆動フレーム7Aを面外方向(図5、7、9中、Z軸方向)に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板2を面外方向に大きく変位させることができる。このため、ミラー部1の光ビームの最大走査角度 $\theta_{\max}$ を大きくしたマイクロミラー装置を低駆動電圧で実現することができる効果が得られる。

【0046】なお、上記実施の形態2においても、実施の形態1と同様に、ミラー形成基板2下側の支持基板6上にミラー形成基板接触防止用凹部である溝15を設けることで、駆動フレーム7Aと駆動電極12との間の距離であるギャップを小さくして駆動電圧の低電圧化を図ることができる。

【0047】実施の形態3、上記実施の形態1及び実施の形態2では、1軸回りに光ビームを走査可能なマイクロミラー装置を示したが、この実施の形態3は2軸回りに光ビームを走査することができるようにしたものである。

【0048】図10はこの発明の実施の形態3によるマイクロミラー装置を示す上面図であり、図11は図10中のE-E線に沿った断面図である。図において、7Bはミラー形成基板2とリンク梁10を介して接続された駆動フレーム(第1の駆動フレーム)、7Cはこの駆動フレーム7Bにリンク梁18を介して接続された駆動フレーム(第2の駆動フレーム)である。駆動フレーム7Bはリンク梁10と対向する辺の中央直交線(図10中、Y軸方向の中央直交線)上にねじれ梁16が設けられ、このねじれ梁16の端部と接続したアンカー部9Bによって支持基板6上に固定された片持ち梁構造を有している。また、駆動フレーム7Cはその1辺と接続したアンカー部9Cによって支持基板6上に固定されており、駆動フレーム7Bと同様に片持ち梁構造を有している。14は各駆動フレーム7B、7C上に形成した圧電体(駆動力発生手段)、16は駆動フレーム7Bの対向する辺の中央直交線(図10中、Y軸方向の中央直交線)上に設けたねじれ梁(第2の駆動フレーム側ねじれ梁)であり、18はこのねじれ梁16の基部の極近傍に接続したリンク梁(駆動フレーム間リンク梁)である。

【0049】19は駆動フレーム7B下側の支持基板6上に設けた検出電極であり、これとミラー形成基板2下側の支持基板6上に設けた検出電極11とから光ビームの2軸回りにおける各々の走査角度 $\theta_s$ のモニターを行う。なお、図1から図9までと同一構成要素については同一符号を付し重複した説明を省略する。

【0050】次に動作について説明する。上記実施の形態2と同様に駆動フレーム7B、7C上に形成した圧電体14の表裏面に交流電位差を与えることによる圧電体14の曲げ振動によって、駆動フレーム7B、7Cは駆動する。まず、ミラー形成基板2の図10中のY軸(ね

50



(8)

特開2000-338445

13

じれ梁18の長軸方向)回りの動作について説明すると、上記のように圧電体14の曲げ振動が直接伝わることで駆動フレーム7Cが曲げ振動を行う。この曲げ振動の駆動力がリンク梁18を介して間接的に駆動フレーム7Bに伝達され、駆動フレーム7Bはねじれ梁16を軸として支持基板6上の面外方向(図10中、Z軸方向)にねじれ振動を行う。この駆動フレーム7Bはリンク梁10を介してミラー形成基板2と接続しているので、この駆動フレーム7Bの動作に合わせてミラー形成基板2も支持基板6上の面外方向(図10中、Z軸方向)にねじれ振動を行うことになる。

【0051】次に、ミラー形成基板2の図10中のX軸(ねじれ梁3の長軸方向)回りの動作について説明すると、上記のように圧電体14の曲げ振動が直接伝わることで駆動フレーム7Bが曲げ振動を行う。この曲げ振動の駆動力がリンク梁10を介して間接的にミラー形成基板2に伝達され、ミラー形成基板2はねじれ梁3を軸として支持基板6上の面外方向(図10中、Z軸方向)にねじれ振動が誘起される。

【0052】以上のような2軸回りの光ビームの走査角度 $\theta_s$ は、ねじれ梁3回りの走査においてはミラー形成基板2下側の支持基板6上に設置した検出電極11によって、この検出電極11とミラー形成基板2との間の静電容量を検出することでモニターし、ねじれ梁16回りの走査においては駆動フレーム7C下側の支持基板6上に設置した検出電極19によって、この検出電極19と駆動フレーム7Cとの間の静電容量を検出することでモニターすることができる。さらに、上記実施の形態ではミラーの走査角度のモニター手段として駆動フレームの根元の周辺にピエゾ抵抗体を設け、駆動フレームの駆動による電気抵抗の変化からその変位を検出し、これよりミラーの走査角度をモニターしてもよい。

【0053】また、上記実施の形態では駆動フレーム7B、7Cの駆動に圧電体14を使用した例について示したが、これに限らず実施の形態2で示した駆動電極による静電引力を利用したもの、磁石対による磁力を利用したもの、さらに、これらを組み合わせたものなどで駆動させてもかまわない。

【0054】以上のように、この実施の形態3によれば、ミラー部1が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁3を有するミラー形成基板2と、少なくともミラー形成基板2のねじれ梁3の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁3の軸方向と平行に、一端をねじれ梁3の基部の極近傍に接続したリンク梁10を有する駆動フレーム7Bと、この駆動フレーム7Bのリンク梁10と対向する辺の中央直交線上に設けたねじれ梁16と、少なくとも駆動フレーム7Bのねじれ梁16の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁16の軸方向と平行に、一端をねじれ梁16の基部の極近傍に接続したリンク梁18を有する駆動フレーム7Cと、駆動フレーム

14

7Bおよび駆動フレーム7Cに駆動力を与える駆動電極12、圧電体14、および永久磁石14Aと電磁石14Bとから構成される磁石対などからなる駆動力発生手段とを備えたので、駆動フレーム7B、7Cを面外方向(図11中、Z軸方向)に微小に変位させるだけで、図10中のXY軸方向にミラー形成基板2を面外方向に大きく変位させることができ、2軸方向の光ビームの最大走査角度 $\theta_{\max}$ を大きくすることができる。このため、ミラー形成基板2による2軸回りの光ビーム走査を低駆動電圧で実現することができる効果が得られる。

【0055】なお、上記実施の形態3においても、実施の形態1と同様に、駆動力発生手段として駆動電極による静電引力を利用する場合、ミラー形成基板2下側の支持基板6上にミラー形成基板接触防止用凹部である溝15を設けることで、各駆動フレーム7B、7Cと支持基板6との間の距離を小さくして駆動電圧の低電圧化を図ることができる。

【0056】また、上記実施の形態3では駆動フレーム7B、7Cをミラー形成基板2及び駆動フレーム7Bの左右両側に2個ずつ設けたが、ミラー形成基板2の片側に1個又は駆動フレーム7Bの片側に1個設けてミラー形成基板2及び駆動フレーム7Bをねじれ振動させてもよい。

【0057】また、上記実施の形態3ではリンク梁10をねじれ梁3の基部の極近傍に、リンク梁18をねじれ梁16の基部の極近傍にそれぞれ接続したが、接続点はこれに限らない。これは、リンク梁10、18をねじれ梁3、16の基部の極近傍でなく多少離れた側面上の点に接続しても、リンク梁10とねじれ梁3とについて説明すると、例えば駆動フレーム7をミラー形成基板2に対して相対的に大きいサイズに形成してリンク梁10のミラー形成基板2との接点と、ねじれ梁8との距離を大きくすれば同様に駆動フレーム7を面外方向(図2中、Z軸方向)に微小に変位させるだけでもミラー形成基板2を面外方向に大きく変位させることができるからである。

【0058】実施の形態4、図12はこの発明の実施の形態4によるマイクロミラー装置を示す上面図であり、図13は図12中のF-F線に沿った断面図である。図12において、2Aはねじれ梁3を対称軸とする非対称な平面構造を有するミラー形成基板であり、図示の例ではミラー形成基板2Aの駆動フレーム7D側の面積が大きい平面構造を有している。7Dはねじれ梁3を介してミラー形成基板2Aと接続した駆動フレームである。また、駆動フレーム7Dを駆動させる駆動力発生手段として図12、13では駆動電極12による静電引力を利用するものと、圧電体14による曲げ振動によるものを同時に説明するため両方の構成要素を併記している。なお、図1から図9までと同一構成要素については同一符号を付し重複した説明を省略する。

(9)

特開2000-338445

15

【0059】次に動作について説明する。まず、説明の簡略のため駆動フレーム7Dの駆動は駆動電極12によるものについて説明する。駆動フレーム7Dとこの駆動フレーム7D下側の支持基板6上に設けた駆動電極12とに、上記実施の形態1で示したようにバイアス直流電圧Vdcと交流電圧Vacとを印加することで、駆動フレーム7Dと駆動電極12との間に発生する静電引力によって駆動フレーム7Dが支持基板6の面外方向（図13中、Z軸方向）にその基部を軸として回転する曲げ振動が誘起される。この駆動フレーム7Dの曲げ振動による駆動力は、ねじれ梁3を介してミラー形成基板2Aに駆動慣性力として作用する。このとき、ミラー形成基板2Aはねじれ梁3（対称軸）に対して非対称な平面構造を有しているため、その重心はねじれ梁3からずれており、駆動フレーム7Dからの駆動慣性力によってねじれ梁3を軸とするねじれモーメントが発生する。この結果、ミラー形成基板2は支持基板6の面外方向（図13中、Z軸方向）にねじれ梁3を軸として回転するねじれ振動を行うことができる。

【0060】また、駆動力発生手段として図12、13に圧電体14も併記したがこれらに限らず実施の形態2で示した磁石対による磁力を利用したものでもよく、さらに、これらを組み合わせたものなどで駆動させてもかまわない。

【0061】図14はこの発明の実施の形態4によるマイクロミラー装置の他の例を示す図であり、図12中のF-F線と同一位置に沿った断面図である。この図14に示す例では、ミラー形成基板2A下側の支持基板6上にミラー形成基板接触防止用凹部である溝15を設けたものである。このようにすることによって、駆動フレーム7Dと駆動電極12との間の距離を小さくすることができるので、この駆動フレーム7Dと駆動電極12との間に発生する静電引力によって駆動フレーム7Dを駆動させる場合、駆動電圧を低電圧化することができる。

【0062】図15はこの発明の実施の形態4によるマイクロミラー装置の他の例を示す図であり、図12中のF-F線と同一位置に沿った断面図である。図において、2Bは支持基板6との距離が十分にとれるようにその厚みを薄くしたミラー形成基板であり、図示の例では、さらに支持基板6との距離が十分にとれるように駆動フレーム7Dの上面と平行にならうように接続されている。このようにすることで、図14に示した溝15を形成する加工を不要としたことによる構造の簡易化、および、駆動フレーム7Dと駆動電極12との間の距離を小さくすることができるので、この駆動フレーム7Dと駆動電極12との間に発生する静電引力によって駆動フレーム7Dを駆動させる場合、駆動電圧を低電圧化することができる。また、上記実施の形態4において、ミラーの走査角度のモニター手段として駆動フレーム7Dの根元の周りにビエゾ抵抗体を設け、駆動フレーム7Dの駆動

16

による電気抵抗の変化からその変位を検出し、これよりミラーの走査角度をモニターしてもよい。

【0063】以上のように、この実施の形態4によれば、ミラー部1が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁3を有したミラー形成基板2A、2Bと、このミラー形成基板2A、2Bの外側に形成され、ねじれ梁3の両端部を支持する駆動フレーム7Dと、この駆動フレーム7Dに駆動力を与える駆動電極12、圧電体14、および永久磁石と電磁石とから構成される磁石対などからなる駆動力発生手段とを備えたので、実施の形態1および実施の形態2によるマイクロミラー装置と比較してより簡単な構造で同様な効果を得ることができる。

【0064】実施の形態5。この実施の形態5はこの発明のマイクロミラー装置の製造方法に関するものである。ここでは、上記実施の形態1から実施の形態4までのマイクロミラー装置のうち、図15で示した構造のマイクロミラー装置の製造方法について説明するが、下記の製造方法は基本的には他の実施の形態による構造にも適用することができる。

【0065】図18は、図15で示した構造のマイクロミラー装置の製造過程を示す図であり、（a）から（b）の図は図12中のF-F線と同一位置に沿った断面図である。図において、23は第1層目のエッチングマスクで、ミラー形成基板2B、ねじれ梁3に対応するパターンが形成されており、図示の例ではレジスト薄膜が利用されている。24は第2層目のエッチングマスクで、駆動フレーム7Dに対応するパターンが形成されている。この第2層目のエッチングマスク24は第1層目のエッチングマスク23であるレジスト薄膜の除去時に耐性のあるアルミニウム薄膜などの金属薄膜が使用される。25は第3層目のエッチングマスクで、駆動フレーム7Dのアンカー部9Aに対応するパターンが形成されており、第2層目のエッチングマスク24である金属薄膜の除去時に耐性のある酸化膜よりなる。

【0066】26はマイクロミラー装置の構造体が形成されるデバイスウェハで、比較的安価に入手が可能な

（100）面方位のシリコン単結晶基板（材料基板、SOI基板）が利用される。27は最終プロセスを経た後は除去されるハンドルウェハ（材料基板、SOI基板）である。これらデバイスウェハ26およびハンドルウェハ27は酸化膜25'を介して接合したSOI（Silicon On Insulator）基板（材料基板）28を構成する。

【0067】以下、図18に基づいてこの発明のマイクロミラー装置の製造方法を説明する。まず、SOI基板28のデバイスウェハ26側に一般的な半導体のエッチングマスク形成およびパターンニング手法であるフォトリソグラフィや蒸着、スパッタ蒸着法、エッチング手法などを繰り返して順次パターンニングを施したエッチングマスク23、24、25を積層させる。このとき、図18

(10)

特開2000-338445

17

り合うエッチングマスクにおいて、表層に近い方のマスクの除去に対する耐性を有した材料で次位のエッチングマスクを形成する。また、最もエッチングによる除去を受けないように形成する構成部（図16のアンカー部9AのようにZ軸方向の高さを有する部分）が最後に残るように対応するエッチングマスクの積層させる順序を決定する。

【0068】その後、エッチングマスク23、24、25の積層が終了したSOI基板28を表層のエッチングマスク23から高異方性エッチングを行う。この高異方性エッチングは市販のシリコンドライエッチング装置（ICP-RIE装置）を利用してSOI基板28の深さ方向（図16中、Z軸方向）にエッチングを行う。高異方性エッチングをすることによって、SOI基板28の側壁（図16中、Z-X面）はエッチングを受けず、図16中のY軸方向へのサイドエッチングが非常に少ない構造が実現できる。

【0069】上記のようにして第1層目のエッチングマスク23に高異方性エッチングを施したSOI基板28を図16(a)に示す。その後、(1)2アッシングにより第1層目のエッチングマスク23であるレジスト薄膜を除去する。これにより、第2層目のエッチングマスク24である金属薄膜が表層に現れる。この第2層目のエッチングマスク24に対して上記と同様に高異方性エッチングを行う。この結果、図16(b)に示すように最初のエッチングによるエッチング形状がそのまま保存され、且つ深さ方向（図16中、Z軸方向）に均一深度でエッチングされた断面構造が形成される。

【0070】その後、第2層目のエッチングマスク24を除去すると、酸化膜で形成された第3のエッチングマスク25が表層に現れる。これに対して3回目のエッチング操作を行うことで、SOI基板28は当初の表面からおおよそ5 $\mu$ m以上深くまで削られる。これにより、最終的に図16(c)に示すようなマイクロミラー装置の各構造体が形成される。このマイクロミラー装置の構造体が形成されたSOI基板28は、その後フッ酸処理によってエッチングマスク25が除去される。

【0071】次に、金属電極（駆動電極12及び検出電極11）を形成させたバイレックシガラスなどで作成した支持基板8と、マイクロミラー装置の構造体が形成されたSOI基板28のアンカー部9Aとを隔壁接合の手法を用いて接合する（図16(d)）。さらに、この構造体のハンドルウェハ27に対して、ウェットエッチングまたはドライエッチングを施すことで、ハンドルウェハ27が除去される（図16(e)）。

【0072】結果として残った酸化膜25'はフッ酸処理を施すことで除去される。その後、選択スパッタ法や選択蒸着法などにより、ミラー形成基板2B上や駆動フレーム7D上にミラー部1の材料となるアルミニウムやタングステンなどの金属薄膜が形成される。さらに、駆動

18

力発生手段としての圧電体14を駆動フレーム7D上に形成してマイクロミラー装置が完成する（図16(f)）。

【0073】以上のように、この実施の形態5によれば、マイクロミラー装置の各構成部に対応するパターンが形成されたエッチングマスク23、24、25を、予めSOI基板28に積層し、このSOI基板28に表層のエッチングマスク23から順次異方性エッチングとエッチングマスク除去を交互に行い、マイクロミラー装置の各構成部を形成することによりマイクロミラー装置を製造するので、凹凸のない平坦な基板上でエッチングマスクの形成が可能であり、精度良くエッチングマスクのパターニングをすることができ、また表層側からのみの簡単なプロセスで製造することができる。

【0074】また、上記実施の形態ではエッチングマスクを積層させたSOI基板の表層側のみからエッチングを行う例を示したが、材料基板はSOI基板に限らず、材料基板の表裏両面にエッチングマスクを複数積層し、表裏両面側からエッチングを行ってもよい。この場合、表裏両面側からエッチングマスクのパターニングが行えるので、精度良くそのアライメントをすることができる。

【0075】なお、上記実施の形態では、エッチングマスクを3層積層させたものについて示したが、マイクロミラー装置の構造によっては4層以上積層させてもかまわない。

【0076】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、支持基板上に突出して設けられ、ねじれ梁の端部を支持してミラー形成基板を支持基板上に固定するアンカー部と、少なくともミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁の軸方向と平行に一端をミラー形成基板に接続したリンク梁を有する駆動フレームと、この駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えたので、駆動フレームを面外方向に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる。このため、ミラー部の光ビームの最大走査角度 $\theta_{\max}$ を大きくすることができるマイクロミラー装置を低駆動電圧で実現することができる効果がある。

【0077】この発明によれば、ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、少なくともミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁の両端部を支持する駆動フレームと、この駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えたので、駆動フレームを面外方向に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる。このため、ミラー部の光ビームの最大走査角度 $\theta_{\max}$ を大きくすることができるマイクロミラー装置を低駆動電圧で実現す

(11)

特開2000-338445

19

20

ることができる効果がある。

【0078】この発明によれば、駆動フレームは対向する2辺と直交する線上に設けた第1の駆動フレーム側ねじれ梁と、支持基板上に突出して設けられ、第1の駆動フレーム側ねじれ梁の端部を支持してミラー形成基板を支持基板上に固定する第1の駆動フレーム側アンカー部とを備えたので、段落0076、0077のマイクロミラー装置に使用することで、駆動フレームを面外方向に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる効果がある。

【0079】この発明によれば、駆動フレームは支持基板上に突出して設けられ、駆動フレームの1辺と接続して駆動フレームを支持基板上に固定する第2の駆動フレーム側アンカー部を備えたので、段落0076、0077のマイクロミラー装置に使用することで、駆動フレームを面外方向に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる効果がある。

【0080】この発明によれば、ミラー部が形成され、対向する2辺と直交する線上にねじれ梁を有するミラー形成基板と、少なくともミラー形成基板のねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、ねじれ梁の軸方向と平行に一端をミラー形成基板に接続したリンク梁を有する第1の駆動フレームと、この第1の駆動フレームのリンク梁と対向する辺の中央直交線上に設けた第2の駆動フレーム側ねじれ梁と、少なくとも第1の駆動フレームの第2の駆動フレーム側ねじれ梁の片側外周を囲むように設けられ、第2の駆動フレーム側ねじれ梁の軸方向と平行に一端を第1の駆動フレームに接続した駆動フレーム間リンク梁を有する第2の駆動フレームと、第1の駆動フレームおよび第2の駆動フレームに駆動力を与える駆動力発生手段とを備えたので、第1の駆動フレームと第2の駆動フレームを面外方向に微小に変位させるだけで、2軸回りにミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる。このため、2軸方向の光ビームの最大走査角度 $\theta_{max}$ を大きくしたマイクロミラー装置による2軸回りの光ビーム走査を低駆動電圧で実現することができる効果がある。

【0081】この発明によれば、リンク梁は一端をねじれ梁の基部の極近傍に接続したので、段落0076、0077のマイクロミラー装置に採用することで、駆動フレームを面外方向に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる効果がある。

【0082】この発明によれば、駆動フレーム間リンク梁は、一端を第2の駆動フレーム側ねじれ梁の基部の極近傍に接続したので、段落0080のマイクロミラー装置に採用することで、駆動フレームを面外方向に微小に変位させるだけで、ミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる効果がある。

【0083】この発明によれば、ミラー形成基板がねじれ梁を対称軸とする非対称な平面構造を有するので、駆動フレームを面外方向に微小に振動させるだけで、その振動の駆動慣性力によりミラー形成基板を面外方向に大きく変位させることができる効果がある。

【0084】この発明によれば、駆動力発生手段は駆動フレーム下側の支持基板上に設けた駆動電極であって、駆動フレームと駆動電極との少なくとも一方に駆動電圧を印加することで発生する静電引力によって駆動フレームを駆動させることを特徴とするので、上記マイクロミラー装置に使用することで、光ビーム走査を低駆動電圧で実現することができる効果がある。

【0085】この発明によれば、駆動力発生手段は駆動フレーム上側に形成した圧電体であって、該圧電体の表裏面に交流電位差を与えることで発生する圧電体の曲げ振動によって駆動フレームを駆動させることを特徴とするので、上記マイクロミラー装置に使用することで、光ビーム走査を低駆動電圧で実現することができる効果がある。

【0086】この発明によれば、駆動力発生手段は永久磁石と電磁石とからなる磁石対であって、該磁石対が発生する磁力によって駆動フレームを駆動させることを特徴とするので、上記マイクロミラー装置に使用することで、光ビーム走査を低駆動電圧で実現することができる効果がある。

【0087】この発明によれば、ミラー形成基板下側の支持基板面にミラー形成基板接触防止用凹部を備えるので、駆動フレームと駆動電極との間の距離であるギャップを小さくしてもミラー形成基板を安定して動作させることができ、ひいては駆動電圧を低電圧化することができる効果がある。

【0088】この発明によれば、ミラー形成基板の厚みを駆動フレームの厚みに比べて十分に薄くしたことを特徴とするので、駆動フレームと駆動電極との間の距離であるギャップを小さくしてもミラー形成基板を安定して動作させることができ、ひいては駆動電圧を低電圧化することができる効果がある。

【0089】この発明によれば、マイクロミラー装置の各構成部に対応するパターンを形成したエッチングマスクを、予め材料基板の片面または両面に複数積層し、エッチングマスクを積層した材料基板に、表層のエッチングマスクから順次異方性エッチングとエッチングマスク除去を交互に行い、マイクロミラー装置の各構成部を形成することを特徴とするので、凹凸のない平坦な基板上でエッチングマスク形成が可能であり、精度良くエッチングマスクのパターニングをすることができ、また、一方の面若しくは表裏面の各々の面からの高異方性エッチングによる簡単なプロセスで各構成部を形成することができる効果がある。

【0090】この発明によれば、材料基板にSOL基板

(12)

特開2000-338445

21

を用い、マイクロミラー装置の各構成部に対応するパターンを形成したエッチングマスクを、予めSOI基板の片面に複数積層し、エッチングマスクを積層したSOI基板に、表層のエッチングマスクから順次異方性エッチングとエッチングマスク除去を交互に行い、マイクロミラー装置の各構成部を形成することを特徴とするので、凹凸のない平坦な基板上でエッチングマスク形成が可能であり、精度良くエッチングマスクのパターニングをすることができ、また、表層側からのみのエッチングによる簡単なプロセスで各構成部を形成することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1によるマイクロミラー装置の構成を示す上面図である。

【図2】 図1のA-A線に沿った断面図である。

【図3】 この発明の実施の形態1によるマイクロミラー装置の他の例を示す図であり、図1のA-A線と同一の位置に沿った断面図である。

【図4】 この発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置を示す上面図である。

【図5】 図4のB-B線に沿った断面図である。

【図6】 この発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置において他の駆動力発生手段を使用した構成を示す上面図である。

【図7】 図6のC-C線に沿った断面図である。

【図8】 この発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置において他の駆動力発生手段を使用した構成を示す上面図である。

【図9】 図8のD-D線に沿った断面図である。

【図10】 この発明の実施の形態3によるマイクロミラー装置を示す上面図である。

【図11】 図10中のE-E線に沿った断面図である。

【図12】 この発明の実施の形態4によるマイクロミ

22

\* ラー装置を示す上面図である。

【図13】 図12中のF-F線に沿った断面図である。

【図14】 この発明の実施の形態4によるマイクロミラー装置の他の例を示す図であり、図12中のF-F線と同一位置に沿った断面図である。

【図15】 この発明の実施の形態4によるマイクロミラー装置の他の例を示す図であり、図12中のF-F線と同一位置に沿った断面図である。

【図16】 図15で示した構造のマイクロミラー装置の製造過程を示す図であり、(a)から(b)の図は図12中のF-F線と同一位置に沿った断面図である。

【図17】 従来のマイクロミラー装置の構成例を示す上面図である。

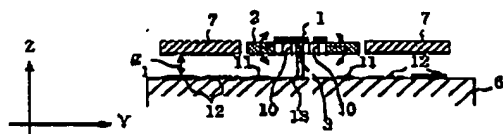
【図18】 図17のマイクロミラー装置のA-A線に沿った断面図である。

【図19】 マイクロミラー装置の駆動電極に印加する駆動電極の例を示す図である。

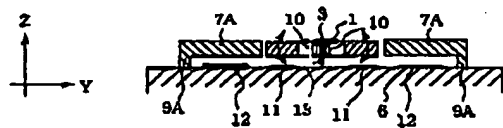
【符号の説明】

- 1 ミラー部、2, 2A, 2B ミラー形成基板、3 ねじれ梁、4 アンカー部、6 支持基板、7, 7A, 7D 駆動フレーム、7B 駆動フレーム(第1の駆動フレーム)、7C 駆動フレーム(第2の駆動フレーム)、8 ねじれ梁(第1の駆動フレーム側ねじれ梁)、9 アンカー部(第1の駆動フレーム側アンカー部)、9A アンカー部(第2の駆動フレーム側アンカー部)、10 リンク梁、12 駆動電極(駆動力発生手段)、14 圧電体(駆動力発生手段)、14A 永久磁石(駆動力発生手段)、14B 電磁石(駆動力発生手段)、16 ねじれ梁(第2の駆動フレーム側ねじれ梁)、18 リンク梁(駆動フレーム間リンク梁)、23, 24, 25 エッチングマスク、28 SOI基板(材料基板)。

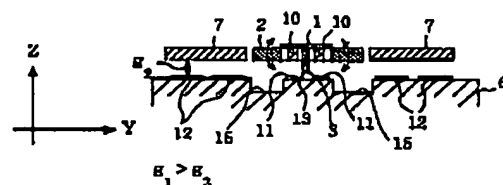
【図2】



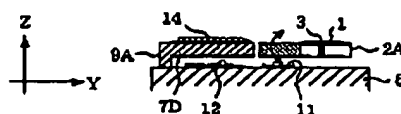
【図5】



【図3】



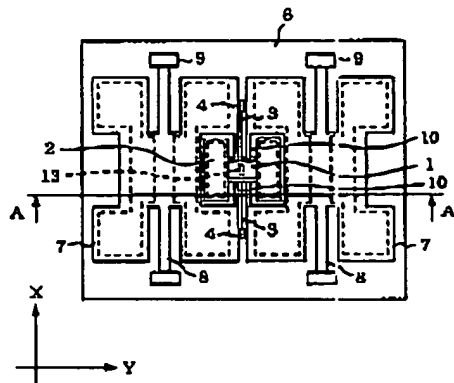
【図13】



(13)

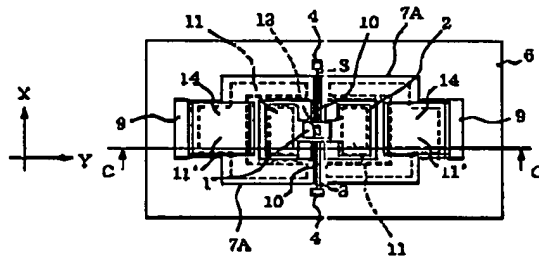
特開2000-338445

【図1】



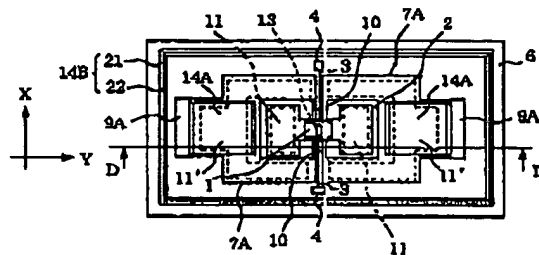
- 1: ミラー部  
2: ミラー形成基板  
3: ねじれ梁  
4: アンカー部  
5: 支持基板  
6: 駆動フレーム  
7: ねじれ梁 (第1の駆動フレーム側ねじれ梁)  
8: アンカー部 (第1の駆動フレーム側アンカー部)  
9: リンク部  
10: リンク部

【図6】



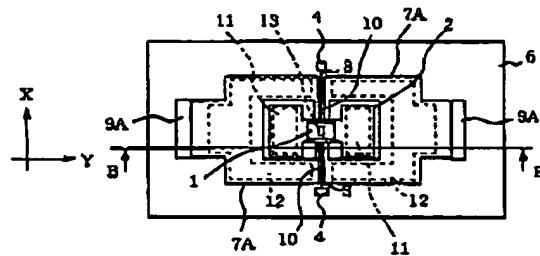
14: 圧電体 (駆動力発生手段)

【図8】



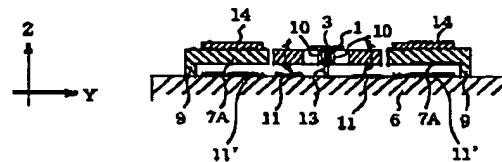
14A: 永久磁石 (駆動力発生手段)  
14B: 電磁石 (駆動力発生手段)

【図4】

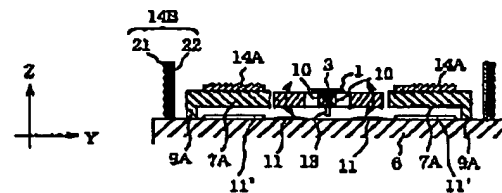


7A: 駆動フレーム  
8A: アンカー部  
(第2の駆動フレーム側アンカー部)  
12: 駆動電極 (駆動力発生手段)

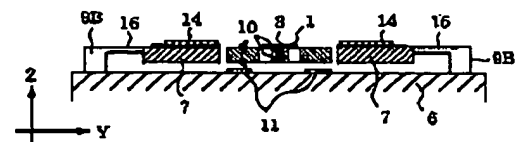
【図7】



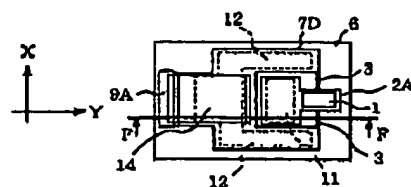
【図9】



【図11】



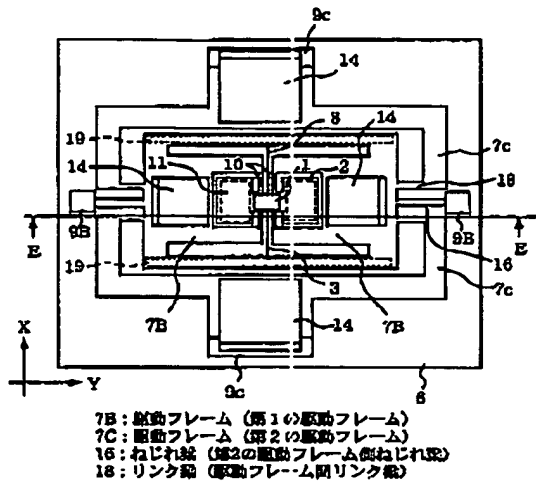
【図12】



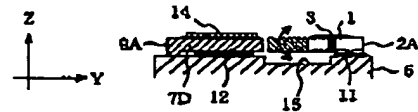
(14)

特開2000-338445

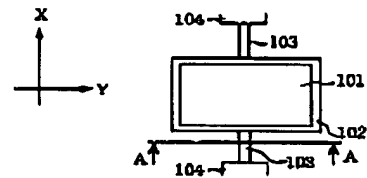
【図10】



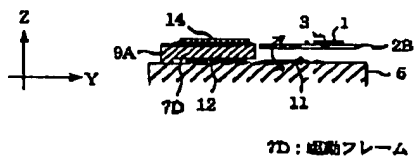
【図14】



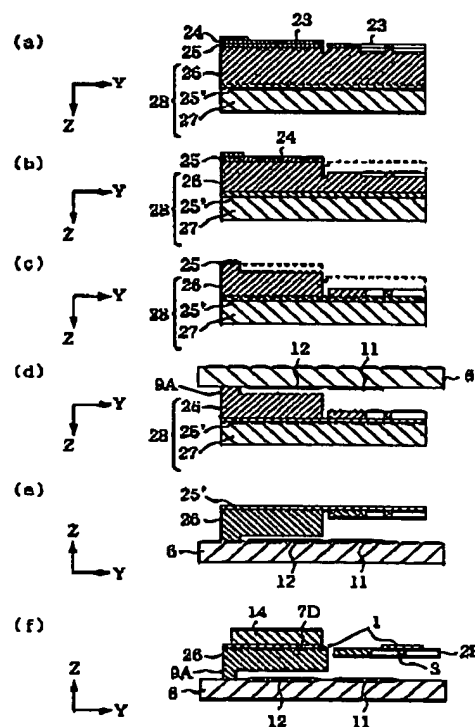
【図17】



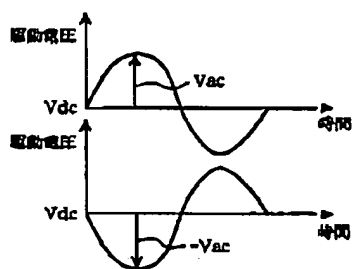
【図15】



【図16】



【図19】

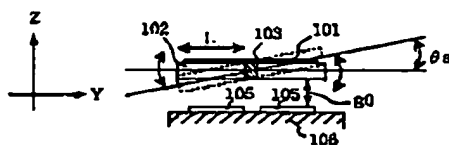


23, 24, 25: エッチングマスク  
 28: SOI基板 (材料基板)

(15)

特開2000-338445

【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 藤田 博之  
東京都港区六本木7丁目22番1号 東京大  
学生産技術研究所内

(72)発明者 三田 信  
東京都港区六本木7丁目22番1号 東京大  
学生産技術研究所内

(72)発明者 年吉 洋  
東京都港区六本木7丁目22番1号 東京大  
学生産技術研究所内

(72)発明者 三田 吉郎  
東京都港区六本木7丁目22番1号 東京大  
学生産技術研究所内

Fターム(参考) 2H041 AA12 AB14 AC04 AC06 AC08

AZ02 AZ08

2H045 AB06 AB16 AB72 AB81